Commande et estimation optimale pour des systèmes nonlinéaires complexes

Gerasimos Rigatos

Electrical and Comp. Eng., PH.D.
Research Director
SMIEEE, MIET, CEng

email: grigat@ieee.org

1 . Sommaire

● Le fonctionnement crédible des **systèmes dynamiques non-linéaires complexes**, comme par exemple les **robots** et les **systèmes de puissance électrique** exige la solution des problèmes relies, de contrôle et d' estimationnon-linéaires

● Les approches principales vers la solution des problèmes de contrôle non-linéaire sont les suivantes: (i) **contrôle basé aux méthodes de linéarisation globale** (ii) **contrôle basé aux méthodes de linéarisation approximative** (iii) **contrôle basé aux méthodes de la théorie de stabilité de Lyapunov (**dans le cas où le modèle dynamique ou cinématique des systèmes est inconnu)

● Les approches principales vers la solution des problèmes d' estimation d' état (filtrage) non-linéaire sont les suivantes: (i) estimation d' état basée aux **méthodes de linéarisation globale** (ii) estimation d' état basée aux **méthodes de linéarisation approximative**

● En ce qui concerne les **boucles fermées de commande** des systèmes non-linéaires dynamiques complexes on veut réussir les objectifs suivants (i) **conditions des stabilité globale** pour la loi de contrôle non linéaire (ii) **conditions de stabilité globale** pour la méthode de Filtrage non-linéaire (iii) **conditions de stabilité globale** pour l' ensemble de contrôleur et de filtre non-linéaire

2 . Commande et estimation nonlinéaires basées à linearisation globale

● Vers cette direction là on utilise la **théorie des systèmes différentiellement plats**

● On peut appliquer cette méthode à tous les systèmes non-linéaires qui sont soumis à une **linearization entrée-sortie**. En fait il s’ agit des systèmes qui possèdent la **propriété de la platitude différentielle**

● La description d’ espace d’ état pour le modèle dynamique ou cinématique des systèmes dynamiques complexes est transformée à **une forme compacte de type entrée-sortie linéarisée**. On peut réussir ça après la définition des **sorties plates** du système

●On peut conclure qu’ un système est **différentiellement plat** si les conditions suivantes sont vérifiées: (i) tous les variables d’ état et les entrées de commande du système peuvent être exprimées sous la forme des fonctions différentielles des sorties plates (ii) les sorties plats du système et leurs dérivées temporelles sont différentiellement indépendantes

● En appuyant des **changements des variables d’ état (diffeomorphismes)** qui sont **reliés à la proprieté de la platitude différentielle** (i) la description d’ éspace d’ état des systèmes nonlinéaires complexes est mise sous la **forme linéaire canonique**. Pour cette nouvelle description d’ éspace d’ état on peut resoudre bien le **problème de la commande et le problème de l’ estimation d’ état (filtrage)**

3 . Commande et estimation nonlinéaires basées à linearisation approximative

● Vers cette direction là on applique la **théorie de la commande optimale de type H-infinie** et la **théorie de l' estimation optimale de type H-infinie**

● La description d' espace d' état des systèmes non-linéaires est soumise à une **linéarisation approximative** autour des **points d' operation temporaires** que on redéfinit à chaque itération de l' algorithme de commande et d' estimation

● La linéarisation est basée à l' **expansion en séries de Taylor** de première ordre autour des points d' opération temporaires et utilise les **matrices Jacobiens** du système

● L' erreur de modélisation à cause de l' omission des **termes de l' ordre supérieure dans les séries de Taylor** est considérée comme une perturbation qui est finalement compensée par la **robustesse de l' algorithme de commande**

●Pour la **description linéarisée** du modèle d' espace d' état on désigne un **contrôleur optimal de type H-infinie**. Pour la sélection des **gains du contrôleur** il faut résoudre une **équation algébrique Riccati** à chaque étape de l' algorithme de commande

● En appuyant l' **analyse de stabilité de Lyapunov** on démontre les propriétés de stabilité globale de cette méthode de contrôle

● L' implementation de la méthode de **contrôle optimal** est reliée au traitement des mésures numériques qui viennent par un petit nombre des capteurs. On peut effectuer finalement ça en utilisant **le filtre de Kalman H-infinite** comme un **estimateur d' état robuste**

4 . Commande et estimation nonlinéaires basées aux méthodes de Lyapunov

● Dans un premier temps on démontre les **propriétés de platitude différentielle** et on définit des **sorties plats** pour les **systèmes complexes non-linéaires**. Ca permet la transformation de tels systèmes à une **forme linéarisée de type entrée-sortie**

● La **dynamique inconnue des systèmes non-linéaires complexes** est inclue aux **nouvelles entrées de commande** qui paraissent dans ça description d ’ état transformée

● On peut effectuer l’ **estimation de la dynamique inconnue** des systèmes complexes non-linéaires par ’ apprentissage **des réseaux neuroflous**. On peut définir les paramètres de l’ adaptation des tels réseaux en utilisant des **algorithmes de type gradient**

● Le problème de commande des systèmes non-linéaires complexes à dynamique inconnue devient maintenant un **problème de contrôle adaptatif non-linéaire**. La computation des entrées de commande du système est effectuée au même temps avec l’ **identification des fonctions non-linéaires** qui constituent sa dynamique inconnue

● La **méthode de stabilité de Lyapunov** est l’ outil pour choisir les gains du contrôleur qui stabilise le système aussi que le pas d’ adaptation pour les estimateurs de sa dynamique inconnue

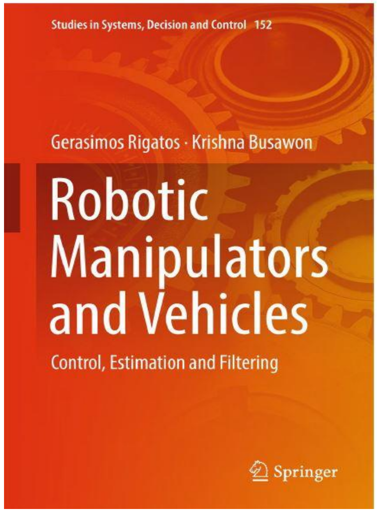
● De façon équivalent en utilisant la **méthode de Lyapunov** on peut choisir **les gains des estimateurs d’ état** pour des systèmes non-linéaires complexes. Tels observateurs sont inclus dans la boucle de commande afin de permettre l’ application de contrôle à retour d’ état, en traitant des mésures par un nombre des capteurs limité.

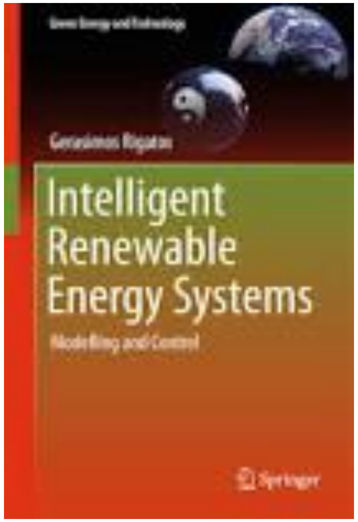
5. Conclusions

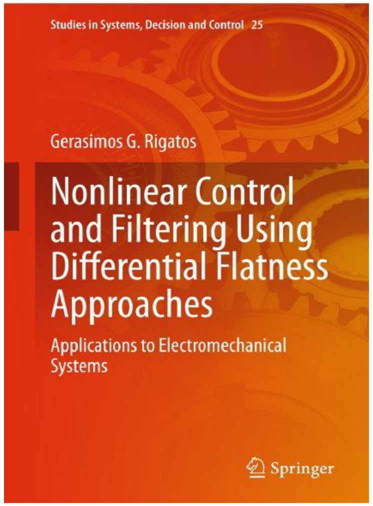
● On developpé des **méthodes de contrôle et d' estimation** pour des **systèmes non-linéaires complexes**

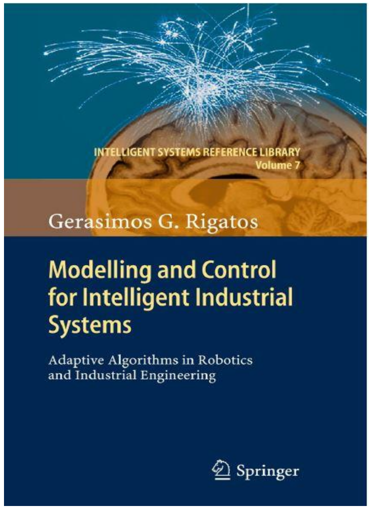
● Les approches principales pour la commande non-linéaire sont les suivantes: (i) commande à là utilisation des **méthodes de linéarisation globale** (ii) commande à là utilisation des **méthodes de linéarisation approximative** (iii) commande à là utilisation des **méthodes de Lyapunov (commande adaptative)** dans le cas d’ un modèle dynamique ou cinématique inconnu

● Les approches principales pour l’ **estimation non linéaire** sont les suivantes: (i) estimation d’ état basée aux **méthodes de linéarisation globale** (ii) estimation d’ état basée aux **méthodes de linéarisation approximative**









grigat@ieee.org